EFEKTIVITAS PENGGUNAAN METAKAOLIN TERAKTIVASI SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENURUNKAN WARNA PADA AIR PDAM KOTA PONTIANAK DENGAN SISTEM KONTINU

ALIFIA ALYA MAHARDHIKA
NIM H1031191001

SKRIPSI

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN METAKAOLIN TERAKTIVASI SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENURUNKAN WARNA PADA AIR PDAM KOTA PONTIANAK DENGAN SISTEM KONTINU

ALIFIA ALYA MAHARDHIKA
NIM H1031191001

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Kimia

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Efektivitas Penggunaan Metakaolin Teraktivasi sebagai Adsorben dalam Menurunkan Warna pada Air PDAM Kota Pontianak dengan Sistem Kontinu
Nama Mahasiswa	:	Alifia Alya Mahardhika
NIM	:	H1031191001
Jurusan/Program Studi	:	Kimia/S-1 Kimia
Tanggal Lulus	:	15 Januari 2025
SK Pembimbing	:	No. 2981/UN22.8/TD.06/2023/Tanggal 1 Agustus 2023
SK Penguji	:	No. 5543/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 31 Desember 2024

Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Prof. Dr. H. Thamrin Usman, DEA.
NIP. 19621110198811001

Pembimbing II

Adhitiyawarman, S.Si., M.Si, Ph.D.
NIP. 19840919200812100l

Dosen Penguji

Ketua Penguji

Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si, M.Si.
NIP. 19741010200012200 6

Anggota Penguji

Dr. Nelly Wahyuni, S.Si., M.Si.
NIP. 19750602200003200 1

Pimpinan Sidang
(merangkap anggota penguji)

Prof. Dr. Thamrin Usman, DEA.
NIP. 19621110198811001

Sekretaris Sidang
(merangkap anggota penguji)

Adhitiyawarman, S.Si., M.Si, Ph.D.
NIP. 19840919200812100l

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si, M.Si.
NIP. 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Alifia Alya Mahardhika
NIM	: H1031191001
Program Studi/ Jurusan	: Kimia
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 15 Januari 2025



Alifia Alya Mahardhika
H1031191001

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN METAKAOLIN TERAKTIVASI SEBAGAI ADSORBEN DALAM MENURUNKAN WARNA PADA AIR PDAM KOTA PONTIANAK DENGAN SISTEM KONTINU

Abstrak

Air gambut adalah air permukaan yang memiliki karakteristik tingkat keasaman yang rendah, serta warna yang pekat. Adsorpsi merupakan metode yang efektif untuk menurunkan warna pada air. Adsorben yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metakaolin teraktivasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik metakaolin teraktivasi sebagai adsorben, menentukan kemampuan masa pakai adsorben metakaolin teraktivasi, dan mengetahui kemampuan adsorpsi metakaolin teraktivasi dalam menurunkan warna pada air olahan PDAM Kota Pontianak yang disebabkan oleh intrusi air gambut dalam air sungai yaitu sebagai air baku yang belum memenuhi syarat standar kualitas. Penelitian ini diawali dengan preparasi adsorben metakaolin teraktivasi, yaitu kaolin yang diaktivasi dengan HCl dan dikalsinasi dengan suhu 700°C selama 2 jam, *Jar Test* untuk menentukan dosis optimum metakaolin teraktivasi, penggunaan adsorben metakaolin teraktivasi dengan sistem kontinu, dan pengukuran kualitas air yaitu warna, kekeruhan, dan pH. Kandungan terbesar pada metakaolin teraktivasi yaitu SiO_2 60,49% dan Al_2O_3 26,73%. Metakaolin teraktivasi memiliki luas permukaan 8,90 m^2/g, volume pori 0,027 cm^3/g, dan rata - rata pori 9,02 nm. Penggunaan adsorben metakaolin teraktivasi dengan sistem kontinu menggunakan dosis 45 ppm 1x24 jam sebanyak 43,2 gr dapat meningkatkan kualitas air olahan IPA Selat Panjang PDAM Tirta Khatulistiwa yang sesuai dengan Standar Permenkes No. 2 Tahun 2023. Adsorben metakaolin teraktivasi dapat digunakan selama 24 jam dan setelah dilakukan regenerasi dapat digunakan selama 5 jam.

Kata kunci: air gambut, adsorpsi, adsorben, metakaolin teraktivasi, air bersih

EFFECTIVENESS OF USING ACTIVATED METAKAOLIN AS AN ADSORBENT IN REDUCING COLOR IN PONTIANAK CITY PDAM WATER WITH A CONTINUOUS SYSTEM

Abstract

Peat water is surface water that has the characteristics of low acidity, as well as a concentrated color. Adsorption is an effective method to reduce the color of water. The adsorbent that will be used in this research is activated metakaolin. This research aims to determine the characteristics of activated metakaolin as an adsorbent, determine the useful life of the activated metakaolin adsorbent, and determine the ability of activated metakaolin adsorption in reducing the color of PDAM Pontianak City processed water caused by the intrusion of peat water in river water, namely as raw water that has not met quality standard requirements. This research began with the preparation of activated metakaolin adsorbent, namely kaolin activated with HCl and calcined at a temperature of 700°C for 2 hours, *Jar Test* to determine the optimum dose of activated metakaolin, use of activated metakaolin adsorbents with a continuous system, and water quality measurements, namely color, turbidity, and pH. The largest content of activated metakaolin is SiO_2 60,49% and Al_2O_3 26,73%. Activated metakaolin has a surface area of 8,90 m^2/g, a pore volume of 0,027 cm^3/g, and an average pore size of 9,02 nm. The use of activated metakaolin adsorbent with a continuous system using a dose of 45 ppm 1x24 hours as much as 43,2 g can improve the quality of water processed by IPA Selat Panjang PDAM Tirta Khatulistiwa which is in accordance with Permenkes No. 2 Year 2023 Standard. Activated metakaolin adsorbent can be used for 24 hours and after regeneration can be used for 5 hours.

Keywords: peat water, adsorption, adsorbent, activated metakaolin, clean water

PRAKATA

Puji dan Syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul "Efektivitas Penggunaan Metakaolin Teraktivasi sebagai Adsorben dalam Menurunkan Warna pada Air PDAM Kota Pontianak dengan Sistem Kontinu" dapat diselesaikan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan arahandari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ayah saya Andi Mawardi dan Ibu saya Eka Dianti yang selalu memberikan kasih sayang, dan doa kepada penulis.
2. Adik saya Ragil Guslinanti Mahardhika yang selalu memberikan semangat dan doa kepada penulis.
3. Prof. Dr. H. Thamrin Usman, DEA, dan Adhitiyawarman, S.Si., M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing yang memberikan arahan dan juga bimbingan selama proses penelitian dan penulisan skripsi.
4. Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si, M.Si dan Dr. Nelly Wahyuni, S.Si., M.Si selaku dosen penguji yang memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulis.
5. Dr. Gusrizal, M.Si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
6. Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
7. Dr. Winda Rahmalia, S.Si, M.Si selaku Koordinator Program Studi S-1 Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.
8. Prof. Dr. H. Thamrin Usman, DEA selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi dan saran selama masa perkuliahan.
9. Seluruh dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura.

10. Seluruh staff IPA Selat Panjang PDAM Tirta Khatulistiwa Pontianak yang telah mengizinkan memfasilitasi penulis dalam melakukan penelitian.
11. Sahabat saya, Irene Yunita dengan NIM H1031191058 yang selalu menemani setiap proses, memberikan dukungan, sejak awal perkuliahan hingga saat ini, terutama di masa pandemi COVID-19.
11. Teman-teman satu angkatan 2019 "ATOMIC" yang telah memberikan dukungan selama masa perkuliahan.
11. Saya sendiri Alifia Alya Mahardhika yang tetap semangat selama melakukan penelitian dan penulisan ini.
12. Pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkan.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan 2
1.4. Manfaat 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1. Air Bersih 4
2.2. Air Gambut 6
2.3. Kaolin 7
2.4. Metakaolin Teraktivasi 8
2.5. Penjernihan Air 8
2.6. Adsorpsi 9
BAB III METODOLOGI 11
3.1. Waktu dan Tempat 11
3.2. Alat dan Bahan 11
3.3. Prosedur Kerja 11
3.1.1. Preparasi Adsorben Metakaolin Teraktivasi 11
3.1.2. Karakterisasi Menggunakan FTIR 12
3.1.3. Karakterisasi Menggunakan XRF 12
3.1.4. Karakterisasi Menggunakan XRD 12
3.1.5. Karakterisasi Menggunakan GSA 13
3.1.6. Penentuan Dosis Optimum Adsorben Metakaolin Teraktivasi 13
3.1.7. Penggunaan Metakaolin Teraktivasi sebagai Adsorben pada Filter Air dengan Sistem Kontinu 14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 15
4.1 Preparasi Adsorben Metakaolin Teraktivasi 15
4.2 Karaterisasi Adsorben Metakaolin Teraktivasi 18
4.2.1 Karakterisasi Menggunakan FTIR 18

4.2.2 Karakterisasi Menggunakan XRF 20
4.2.3 Karakterisasi Menggunakan XRD 21
4.2.4 Karakterisasi Menggunakan GSA 22
4.3 Penentuan Dosis Optimum Adsorben Metakaolin Teraktivasi 23
4.4 Penggunaan Metakaolin Teraktivasi sebagai Adsorben Menggunakan Filter Air dengan Sistem Kontinu 25
BAB V SIMPULAN 32
5.1 Simpulan 32
5.2 Saran 32
DAFTAR PUSTAKA 33
LAMPIRAN 40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Kualitas Air Bersih berdasarkan Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pemerintah No. 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan ……..……. 5

Tabel 4.1 Hasil Analisis XRF Sampel Kaolin, Kaolin Teraktivasi HCl, Metakaolin Teraktivasi (Fresh) ……..…..……..… 22

Tabel 4.2 Hasil Analisis GSA Sampel Kaolin, Kaolin Teraktivasi HCl, Metakaolin Teraktivasi (Fresh)……...…... 25

Tabel 4.3 Hasil Penentuan Dosis Adsorben Metakaolin Teraktivasi (75-100 ppm) ……..……... 26

Tabel 4.4 Hasil Dosis Penentuan Adsorben Metakaolin Teraktivasi (20-75 ppm)……...… 27

Tabel 4.5 Hasil Penggunaan Metakaolin Teraktivasi sebagai Adsorben Menggunakan Filter Air dengan Sistem Kontinu Hari Pertama (Fresh)……..... 28

Tabel 4.6 Hasil Penggunaan Metakaolin Teraktivasi sebagai Adsorben Menggunakan Filter Air dengan Sistem Kontinu Hari Kedua (Fresh) ……... 29

Tabel 4.7 Hasil Penggunaan Metakaolin Teraktivasi sebagai Adsorben Menggunakan Filter Air dengan Sistem Kontinu Hari Ketiga (Fresh) ……... 29

Tabel 4.8 Hasil Analisis XRF Sampel Metakaolin Teraktivasi (jenuh) dan Metakaolin Teraktivasi (regenerasi) …….. 30

Tabel 4.9 Hasil Analisis GSA Sampel Metakaolin Teraktivasi (Jenuh) dan Metakaolin Teraktivasi (Regenerasi)…..……...……... 31

Tabel 4.10 Hasil Penggunaan Metakaolin Teraktivasi sebagai Adsorben Menggunakan Filter Air dengan Sistem Kontinu Hari Pertama (Regenerasi) ……...….. 31

Tabel 4.11 Hasil Penggunaan Metakaolin Teraktivasi sebagai Adsorben Menggunakan Filter Air dengan Sistem Kontinu Hari Kedua (Regenerasi) ……..... 32

Tabel 4.12 Hasil Penggunaan Metakaolin Teraktivasi sebagai Adsorben Menggunakan Filter Air dengan Sistem Kontinu Hari Pertama (Regenerasi) ……...…….... 30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kandungan dalam Air Gambut……..….	6
Gambar 2.2	Struktur Asam Humat……..…….....	7
Gambar 2.3	Struktur Asam Fulvat…….…….....	7
Gambar 4.1	Proses Aktivasi Kaolin menggunakan HCl……..……...	16
Gambar 4.2	Mekanisme Reaksi Protonasi pada Permukaan Kaolin.....	17
Gambar 4.3	Mekanisme Reaksi Interaksi Elektrostatik Ion H^+ dengan Ion Cl^- ……..……..	17
Gambar 4.4	Proses Kalsinasi Kaolin Menjadi Metakaolin……..……...	17
Gambar 4.5	Hasil Analisis FTIR Sampel Kaolin, Kaolin Teraktivasi HCl, Metakaolin Teraktivasi (Fresh), Metakaolin Teraktivasi (Jenuh) dan Metakaolin Teraktivasi (Regenerasi) …….....	18
Gambar 4.6	Hasil Analisis XRD Sampel Kaolin, Kaolin Teraktivasi HCl, Metakaolin Teraktivasi (Fresh), Metakaolin Teraktivasi (Jenuh) dan Metakaolin Teraktivasi (Regenerasi) ……..…..…….	21
Gambar 4.7	Proses Penentuan Dosis Adsorben Metakaolin Teraktivasi (Pengadukan)……	23
Gambar 4.8	Proses Penentuan Dosis Adsorben Metakaolin Teraktivasi (Pengandapan)……..……...	24
Gambar 4.9	Proses Penggunaan Metakaolin Teraktivasi sebagai Adsorben Menggunakan Filter Air dengan Sistem Kontinu ……..…….....	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Alir ……..……..…..…..... 40

Lampiran 2 Perhitungan ……..... 41

Lampiran 3 Gambar ……..... 41

Lampiran 4 Grafik ……..…….44

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang menjadi kebutuhan dasar manusia yang sangat penting, karena segala aktivitas kehidupan manusia membutuhkan air dalam jumlah yang cukup serta dengan kualitas yang baik. Air bersih adalah air yang bermutu baik dan biasa dimanfaatkan oleh manusia untuk dikonsumsi atau melakukan aktivitas sehari-hari (Pulungan, dkk., 2021). Air bersih harus memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum yang dilihat dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi dan radiologis, sehingga jika dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping (Nofrizal dan Saputra, 2021). Peran pemerintah dalam penyediaan air bersih bagi masyarakat dapat dilihat dengan adanya Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan aktivitas pembangunan yang bertujuan memenuhi kebutuhan air bersih dan air minum bagi masyarakat (Kornita, 2020).

Air gambut adalah air permukaan yang memiliki karakteristik kandungan senyawa organik yang tinggi, kandungan besi yang tinggi, tingkat keasaman yang rendah serta warna yang pekat (Eprie, dkk., 2022). Senyawa organik tersebut terdiri dari asam humat dan asam fulvat (Kiswanto, dkk., 2019). Air bersih dan sehat yang berasal dari sumber air sungai didapatkan melalui teknologi penjernihan, sterilisasi dan dekontaminasi untuk mengolah air tersebut (Alamsyah, 2006 ; Febriani, dkk., 2020). Adsorpsi merupakan teknologi yang dianggap paling efektif dan efisien untuk menurunkan warna pada air. Metode adsorpsi menjadikan polutan di air diserap melalui permukaan bahan berpori atau *filter*. Zat yang diserap disebut adsorbat. Zat yang menyerap disebut adsorben (Hadisantoso, dkk., 2018 ; Eprie, dkk., 2022).

Adsorben yang biasa digunakan adalah karbon aktif, silikon polimer (Sukardjo, 1985 ; Sekar *et al*., 2019 ; Saputri, 2020). Adsorben yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metakaolin teraktivasi. Percobaan menggunakan *jar test*

telah digunakan dalam menentukan dosis metakaolin teraktivasi yang akan digunakan, berdasarkan percobaan tersebut, dosis yang paling efektif adalah 45 ppm atau 0,045 gr/L yang menunjukkan hasil uji warna -1 (TCU), kekeruhan 0,28 (NTU) dan pH 4,38. Teknik adsorpsi menggunakan adsorben padat memenuhi persyaratan karena pengoperasian yang mudah dengan efisiensi tinggi dan ramah lingkungan ramah serta terjangkau menjadikannya salah satu metode yang disukai untuk penjernihan air (Liu *et al*., 2008 ; Yang *et al*., 2009 ; Yagub *et al*., 2014 ; Karri *et al*., 2017a ; 2017b ; Karri and Sahu, 2018 ; Lingamdinne *et al*., 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik metakaolin teraktivasi sebagai adsorben, menentukan kemampuan masa pakai adsorben metakaolin teraktivasi, dan mengetahui kemampuan adsorpsi metakaolin teraktivasi dalam menurunkan warna pada air olahan PDAM Kota Pontianak yang disebabkan oleh intrusi air gambut dalam air sungai yaitu sebagai air baku yang belum memenuhi syarat standar kualitas. Penelitian ini diawali dengan preparasi adsorben metakaolin teraktivasi, Jar Test, pengolahan air menggunakan sistem kontinu, dan pengukuran kualitas air yaitu warna, kekeruhan, dan pH, untuk mengetahui air tersebut layak digunakan dan sudah memenuhi Standar Permenkes No. 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pemerintah No. 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan, yaitu warna 10 TCU, kekeruhan 3 NTU, dan pH 6,5-8,5, dan karakterisasi menggunakan metode FTIR, XRF, XRD dan GSA.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

a. Bagaimana karakteristik adsorben metakaolin teraktivasi?
b. Bagaimana kemampuan adsorben metakaolin teraktivasi dalam menurunkan warna pada air olahan PDAM Kota Pontianak ?
c. Bagaimana kemampuan masa pakai adsorben metakaolin teraktivasi?

1.3. Tujuan

Tujuan pada penelitian ini adalah :

a. Menentukan karakteristik adsorben metakaolin teraktivasi

b. Menentukan kemampuan adsorben metakaolin teraktivasi dalam menurunkan warna pada air olahan PDAM Kota Pontianak
c. Menentukan kemampuan masa pakai adsorben metakaolin teraktivasi

1.4. Manfaat

Manfaat pada penelitian ini adalah :

a. Menghilangkan warna air gambut pada air olahan PDAM Kota Pontianak
b. Meningkatkan kualitas air olahan PDAM Kota Pontianak
c. Meningkatkan nilai tambah kaolin sebagai sumber daya alam yang melimpah